



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

## DE 199 13 248 A 1

61 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
F 04 D 27/00

21 Aktenzeichen: 199 13 248.8  
22 Anmeldetag: 24. 3. 99  
13 Offenlegungstag: 7. 10. 99

DE 199 13 248 A 1

30 Unionspriorität:  
046690 24. 03. 98 US

11 Anmelder:  
Cummins Engine Company Inc., Columbus, US

14 Vertreter:  
Patentanwälte Gesthuysen, von Rohr, Weidener,  
Häckel, 45128 Essen

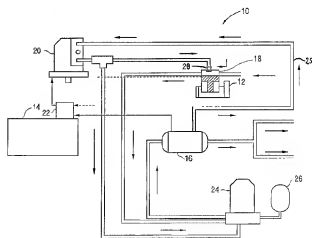
17 Erfinder:  
Nishar, Dipchand V., Columbus, Ind., US;  
Dollmeyer, Thomas A., Columbus, Ind., US; Nelson,  
Christopher R., Columbus, Ind., US

### Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

64 Luftkompressor-Steuersystem und Verfahren zum Steuern eines Luftkompressors

51 Es werden ein System und ein Verfahren zur Steuerung eines Luftkompressors eines Fahrzeugs vorgeschlagen. Ein Reservoir bzw. Druckluftbehälter ist an den Luftkompressor angeschlossen, und der Luftdruck im Reservoir wird erfaßt. Sofern der Luftdruck unterhalb eines maximalen Schwellendrucks und oberhalb eines minimalen Schwellendrucks liegt, wird der Luftkompressor eingeschaltet bzw. aktiviert, d. h. mit dem Reservoir zum Pumpen gegen den Luftdruck verbunden, wenn überschüssige Antriebsenergie vorhanden ist, beispielsweise bei Bergabfahrten, wobei eine Sperrzeit nach einem Ausschalten bzw. Deaktivieren des Luftkompressors ein vor schnelles Wiedereinschalten verhindert und insbesondere wobei der Luftkompressor bei Überschreiten einer zulässigen Kopftemperatur abgeschaltet wird.



DE 199 13 248 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft generell eine Luftkompressorsteuerung in einem Verbrennungsmotor. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung Verbrennungsmotoren, die eine Luftkompressorsteuerung zur Erhöhung der Motoreffizienz enthalten.

Moderne Lastkraftwagen enthalten Luftkompressoren, die zum Laden eines Lufttanks verwendet werden, aus dem luftbetriebene Systeme, wie Bremsbremsen, Scheibenwischer, eine Luftfederung usw., Luft entnehmen können. In einem typischen Lastkraftwagenanwendung kann ein Luftkompressor bis zu 90% der Zeit in einem unbelasteten Zustand laufen. Dieser hohe Wert eines unbelasteten Gebrauchs führt zu bis zu 80% des Luftkompressor-Kraftstoffverbrauchs und zu erhöhten Kompressorkopftemperaturen, wodurch sowohl der Kraftstoffnutzungsgrad als auch die Motorleistung verringert werden. In einem Versuch, sowohl den Kraftstoffnutzungsgrad als auch die Motorleistung zu erhöhen, wurden Systeme zur Verringerung des unbelasteten Gebrauchs des Luftkompressors und zur Verringerung des Gebrauchs des Luftkompressors in Perioden mit hohem Energieverbrauch entwickelt.

Die US-A-2.312.728 offenbart ein Kompressorsteuersystem, das einen Kompressor aktiviert, wenn der Druck in einem Reservoir unter einen ersten vorbestimmten Wert fällt, und den Kompressor deaktiviert, wenn der Druck in dem Reservoir einen zweiten, höheren, vorbestimmten Druck erreicht. Es wird jedoch keine optimale Luftkompressorsteuerung ermöglicht, da der Luftkompressor auch aktiviert wird, wenn der Tankdruck zwischen den vorbestimmten Werten liegt und der Luftkompressor sich in einem unbelasteten Zustand befindet.

In dem Bemühen, diese Nachteile zu beheben, offenbart die US-A-4.361.204 einen Kompressor, der in einem Motorfahrzeug verwendet wird, der während einer Bergabfahrt und bei einer Verlangsamung aktiviert wird und während einer Bergauffahrt oder in Perioden hohen Energieverbrauchs deaktiviert wird. Dies erhöht zwar die Effizienz eines Teiles des Systems, aber die Effizienz im gesamten Luftkompressorzyklus wird nicht optimiert, da der Luftkompressor aktiviert wird, sobald der Tankdruck unter einen vorbestimmten Wert fällt, und der Luftkompressor deaktiviert wird, sobald der Tankdruck einen anderen, höheren, vorbestimmten Wert übersteigt.

Nach dem Stand der Technik wird die Effizienz verschiedener Abschnitte des Luftkompressorzyklus verbessert, ohne die Effizienz des gesamten Zyklus des Luftkompressors zu optimieren und ohne die Kompressorkopftemperaturen zu regulieren. Es besteht eindeutig ein Bedarf in der Technik an einem Luftkompressor-Steuersystem, das nicht nur den Luftkompressor in einer Weise steuert, welche die Effizienz im gesamten Betriebszyklus optimiert, sondern auch die Kompressorkopftemperatur reguliert; um die Lebens- bzw. Betriebsdauer des Kompressors zu verlängern.

Eine primäre Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Behebung der obengenannten Nachteile, die mit dem Stand der Technik verbunden sind, sowie die Bereitstellung eines aktiv gesteuerten Luftkompressors, wodurch eine wesentliche Verbesserung der Kraftstoffnutzung und der Motorleistung erreicht wird.

Die obige Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Luftkompressor-Steuersystem gemäß Anspruch 1 bzw. ein Verfahren gemäß Anspruch 10 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Eine Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht darin, für eine erhöhte Kompressorlebensdauer durch aktive Steuerung des Luftkompressors zu sorgen, so daß dieser periodische Kühlzyklen durchläuft, um gewünschte Kopfmetalltemperaturen aufrechtzuerhalten bzw. nicht zu überschreiten.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung einer erhöhten Kompressorlebensdauer und einer erhöhten Fahrzeugleistung durch das Vermeiden eines übermäßigen zyklischen Wechsels des Kompressors zwischen belasteten und unbelasteten Zuständen.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung einer zusätzlichen Drehmomentdämpfung für Bremsvorgänge während einer Bergabfahrt durch Betreiben des Luftkompressors in einem belasteten Modus während solcher Vorgänge.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung wertvoller Informationen für die Wartungsdiagnose durch Aufzeichnung des Arbeitszyklus des Luftkompressors zur Identifizierung ungewöhnlicher Kompressoraktivität. Ebenso kann eine derartige Arbeitszyklusaufzeichnung Informationen in bezug auf den Betrieb des Fahrzeuges im allgemeinen liefern.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung einer Steuerung eines Luftkompressors, so daß er nicht betrieben werden kann, wenn die Kompressorkopftemperatur eine zuvor definierte Temperatur übersteigt.

Diese und andere Vorteile der vorliegenden Erfindung werden insbesondere durch die Bereitstellung eines Systems und Verfahrens zur Luftkompressorsteuerung erreicht, wobei der Luftkompressor nur belastet wird, wenn Motoraktivitäten seine Belastungen verlangen oder wenn Motorkraft zum Betreiben des Kompressors zur Verfügung steht. Ein Luftkompressorsystem ist ein motorbetriebener, vorzugsweise kolbenartiger Kompressor, der in einem belasteten und unbelasteten Modus arbeitet und den luftbetriebenen Vorrichtungen eines Fahrzeuges, wie Bremsbremsen, Luftfederung, Scheibenwischer usw., Luft bereitstellt. Der Betriebsmodus des Kompressors ist durch einen druckaktivierten Luftregler gesteuert, der ein Luftsignal anlegt, wenn Druck in einem Reservoir einen eingestellten Wert erreicht, das ein Kappenventil oder dergl. auf einer Entlastungsvorrichtung aktiviert, wodurch der Luftkompressor angehalten wird. Wenn der Luftdruck in dem Behälter unter einen unteren eingestellten Druck fällt oder wenn Energie "frei" ist, wie während Bergabfahrten, zieht bzw. läßt der Luftregler das Luftsignal ab, so daß der Luftkompressor den Betrieb wieder aufnehmen kann. Wenn das Reservoir einen Druck zwischen den beiden eingestellten Drücken aufweist und sich der Luftkompressor in einem unbelasteten Zustand befindet, wird er zusätzlich in diesem Zustand über eine festgelegte Zeitperiode gehalten, um einen raschen zyklischen Wechsel des Luftkompressors zu verhindern. Wenn ferner das Reservoir einen Druck zwischen den beiden eingestellten Drücken aufweist und sich der Luftkompressor in einem belasteten Zustand befindet, wird der Luftkompressor nach einem festgelegten Zeitintervall entlastet, das auf einer Kompressorkopfmetalltemperatur beruht, um die Schwellentemperaturen des Kompressorkopfmetalls in einem geeigneten Bereich zu halten. Zusätzlich wird die Temperatur des Kompressorkopfes aufgezeichnet, so daß, sobald die Temperatur des Kompressorkopfes eine vorbestimmte Schwellentemperatur überschreitet, der Luftkompressor in einen unbelasteten Zustand gebracht wird, bis die Temperatur des Kompressorkopfes unter die vorbestimmte Schwellentemperatur fällt. Die Kopftemperatur

kann auf jede geeignete Weise aufgezeichnet werden, wie durch eine direkte Thermoelmentablesung oder durch andere bekannte und zugehörige Motorbetriebsparameter.

Insbesondere werden die obengenannten Aspekte durch Bereitstellung eines Luftkompressor-Steuersystems zum Steuern eines eingebauten Luftkompressors eines Fahrzeuges erreicht, wobei das Steuersystem einen Luftkompressor zum Bereitstellen von Druckluft an luftbetriebene Vorrichtungen des Fahrzeuges, einen Sensor zum Erfassen des Druckes eines Reservoirs, das Druckluft enthält, und zum Erzeugen eines Signals, das den Druck anzeigt, und eine Steuervorrichtung zum Aktivieren des Luftkompressors, wenn das Signal, das von dem Sensor erzeugt wird, unter einen vorbestimmten Schwellenwert sinkt, der einem vorbestimmten Schwellendruck entspricht, oder wenn Energie zum Betreiben des Luftkompressors verfügbar ist, aufweist. Ebenso wird der Luftkompressor deaktiviert, wenn das Signal, das von dem Drucksensor erzeugt wird, einen zweiten, vorbestimmten Schwellenwert erreicht, der einem zweiten vorbestimmten Schwellendruck entspricht. Der erste und zweite, vorbestimmte Schwellendruck liegen vorzugsweise in einem Bereich von 344,7 kPa bis 1,03 MPa (50–150 psi) und insbesondere in einem Bereich von 620,5 kPa bis 827,4 kPa (90–120 psi).

Vorzugsweise deaktiviert das System den Luftkompressor, sobald eine vorbestimmte maximale Belastungszeit, die einer vorbestimmten Kompressorkopfmetalltemperatur entspricht, erreicht ist, um eine übermäßige Erwärmung des Kompressorkopfs bzw. -kopfmittels zu verhindern. Zusätzlich oder alternativ hält das Steuersystem einen bestimmten Modus des Luftkompressors über eine vorbestimmte Zeiperiode aufrecht, wenn der Luftkompressor zwischen den vorbestimmten Schwellendrücken arbeitet, um einen übermäßigen zyklischen Wechsel des Luftkompressors zu verhindern.

Ein Verfahren zum Steuern eines Luftkompressors umfaßt insbesondere die Schritte des Erfassens eines Druckes eines Reservoirs, das Druckluft enthält, die durch einen Luftkompressor zugeführt wird, des Erzeugens eines Signals, das den Druck anzeigt, und des Übertragens des Signals zu einer Steuereinheit zum Steuern des Luftkompressors. Das Aktivieren des Luftkompressors, wenn das Signal unter einen ersten, vorbestimmten Wert sinkt, der einem ersten, vorbestimmten Schwellendruck entspricht, oder das Aktivieren des Luftkompressors, wenn Energie zum Betreiben des Luftkompressors verfügbar ist, und das Deaktivieren des Luftkompressors, wenn das Signal einen zweiten, vorbestimmten Wert erreicht, der einen zweiten, vorbestimmten Schwellendruck entspricht. Noch einmal, das besondere Verfahren, das hierin beschrieben ist, führt zu der Steuerung eines Luftkompressors, so daß der Luftkompressor nach einer vorbestimmten, maximalen belasteten Zeit, die einer vorbestimmten Kompressorkopfmetalltemperatur entspricht, deaktiviert wird, um eine übermäßige Erwärmung des Kompressorkopfmittels zu verhindern, wie auch zu einem Verfahren, in dem ein bestimmter Modus des Luftkompressors über eine vorbestimmte Zeiperiode aufrechterhalten wird, wenn der Luftkompressor zwischen den vorbestimmten Drücken arbeitet, um einen übermäßigen zyklischen Wechsel des Luftkompressors zu verhindern.

Diese wie auch zusätzliche Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung gehen aus der folgenden ausführlichen Beschreibung der vorliegenden Erfindung hervor, wenn diese in Zusammenhang mit der Zeichnung betrachtet wird. Es zeigt:

**Fig. 1** eine schematische Darstellung eines Luftkompressor-Teilsystems, das gemäß der vorliegenden Erfindung gesteuert wird; und

**Fig. 2** eine graphische Darstellung des ökonomischen Betriebs eines Luftkompressors, der gemäß der vorliegenden Erfindung gesteuert wird.

In typischen Ferntransportfahrzeugen liefert ein eingebauter Luftkompressor Luft für die luftbetriebenen Vorrichtungen des Fahrzeuges, wie Bremsen, Luftfederung, Scheibenwischer usw. Eine Vielzahl von Luftkompressoren in solchen Fernfahrzeugen sind motorbetrieben, kolbenartige Kompressoren. Solche Kompressoren laufen, sobald der Motor läuft, aber diese Kompressoren haben zwei Betriebsmoden, nämlich einen belasteten und einen unbelasteten Zustand. Der Betriebsmodus wird durch einen druckaktivierten Luftregler und eine Entlastungsvorrichtung gesteuert, die dem Luftkompressor zugeordnet ist.

Wie aus **Fig. 1** ersichtlich ist, die ein Luftkompressorsystem darstellt, welches das Steuersystem gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet, umfaßt dieses einen Luftkompressor **12**, der durch eine Kurbelwelle eines Verbrennungsmotors **14** angetrieben wird. Der Luftkompressor **12** wird zum Aufrechterhalten eines Druckes in einem zugeordneten Vorluftbehälter oder Reservoir **16** innerhalb maximaler und minimaler Druckgrenzen gehalten. Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die maximale Druckgrenze im Bereich von etwa 1,03 MPa (150 psi) liegen, während eine minimale im Bereich von etwa 344 kPa (50 psi) liegen kann. Vorzugsweise reicht dieser Bereich von etwa 620 kPa bis 828 kPa (90 psi bis 120 psi).

Wie zuvor festgestellt wurde, wird der Betriebsmodus des Luftkompressors durch eine Entlastungsvorrichtung **18** und einen Luftregler **20** auf herkömmliche Weise gesteuert. Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist die besondere Steuerung der Entlastungsvorrichtung **18** und des Reglers **20**, so daß der unbelastete und belastete Betriebsmodus des Kompressors **12** gesteuert wird, um den Kraftstoffverbrauch des Verbrennungsmotors in vorteilhafter Weise zu beeinflussen, wie auch andere Eigenschaften des Luftkompressors **12** beim Betreiben des Fernfahrzeuges in vorteilhafter Weise zu nutzen und gleichzeitig die Gebrauchsdauer des Luftkompressors **12** zu verlängern.

Die Steuerung des Kompressors **12** erfolgt durch den Luftregler **20**, der seinerseits durch eine elektronische Steuereinheit **22** gesteuert wird, deren besonderer Betrieb in der Folge ausführlicher besprochen wird. Zusätzlich enthält das System einen Lufttrockner **24** und einen Auslaßbehälter **26**, die ebenso auf herkömmliche Weise arbeiten. Es ist von besonderer Bedeutung, daß der Luftdruck in dem Reservoir **16** innerhalb der optimalen Grenzen in einer Weise gehalten wird, die auch eine optimale Betriebsleistung des Motors aufrechterhält. Wenn während des Betriebs, wie bei herkömmlichen Luftkompressor-Teilsystemen, das Luftsystem einen Ausschaltedruck erreicht, wie durch die Luftfrückleitung **25** von dem Reservoir **16** dargestellt ist, steuert der Luftregler **20** ein Luftsignal zu der Entlastungsvorrichtung **18**. Dadurch wird das Kappenventil **28** der Entlastungsvorrichtung aktiviert, wodurch der Druckluftstrom in das Luftsystem bzw. das Reservoir **16** unterbrochen wird. Wenn der Luftdruck in dem Reservoir **16** auf oder unter den Einschaltedruck fällt, läßt der Luftregler **20** das Luftsignal zu der Entlastungsanordnung ab. Dadurch kann der Kompressor **12** wieder mit dem Pumpen von Luft in das gesamte Luftsystem und folglich in das Reservoir **16** beginnen.

Wie zuvor festgehalten wurde, ist es eine primäre Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Kopfmetalltemperaturen

bzw. Kopftemperatur des Luftkompressors 12 zu minimieren. Das heißt, die Druckluft verläßt den Luftkompressor 12 bei erhöhter Temperatur, die im Bereich von 250°-600°F liegen kann. Folglich ist es wünschenswert, ausreichende und periodische Kühlzyklen bereitzustellen, um die Lebensdauer des Kompressors 12 zu verlängern. Dieser Aspekt der vorliegenden Erfindung wird in der Folge ausführlicher besprochen.

5 Sobald die Druckluft den Luftkompressor 12 verläßt, wird sie zu dem Lufttrockner 24 geleitet, wo die Temperatur auf weniger als 150° Fahrenheit sinkt. Wie bei den meisten herkömmlichen Luftsystemen dient der Trockner vorwiegend als Trocknungsmittel, das Feuchtigkeit aus der Druckluft entfernt. Dies verhindert stromabwärtige Vereisungen und eine Korrosion der Luftleitungen, Luftbehälter und Ventilkomponenten. Der Trockner dient auch als Sammelbehälter für Öl und Luftverunreinigungen, wodurch im Prinzip die Lebensdauer des Systems verlängert wird. Von dem Trockner wird 10 die Druckluft zu dem Vorluftbehälter oder Reservoir 16 geleitet. Wie bei den meisten Systemen enthält das Reservoir 16 ein Sicherheitsventil, das für gewöhnlich bei Drücken über etwa 1 MPa (150 psi) öffnet, so daß die Möglichkeit einer Überlastung des Reservoirs 16 ausgeschaltet wird. Das Reservoir 16 liefert Druckluft an eine beliebige Anzahl primärer und sekundärer Reservoirs, die durch den Luftbedarf des Fahrzeuges bestimmt sind. Aus Sicherheitsgründen enthalten die primären und sekundären Luftreservoirs hinweg-Absperrventile, die einen Rückstrom von Luft zu dem Reservoir 16 15 verhindern. Dies garantiert, daß selbst bei einem Versagen des Luftkompressors das Fahrzeug über einen gewissen Restluftdruck zur Betätigung des Bremssystems verfügt.

Auch hier ist, wie zuvor festgehalten wurde, eine primäre Aufgabe der vorliegenden Erfindung die Verlängerung der Lebensdauer des Luftkompressors 12 auf das größtmögliche Ausmaß, während gleichzeitig die Kraftstoffeffizienz des Motors maximiert wird.

20 Einer der Hauptfaktoren, der die Lebensdauer des Luftkompressors 12 beeinträchtigt, sind die hohen Temperaturen, wie zuvor hierin festgehalten wurde. Gemäß der vorliegenden Erfindung können durch Steuerung der Länge des Kompressorbelastungszyklus wie auch der Frequenz der Kompressorbelastungszyklen die Kopftemperaturen verringert werden. In Studien stellte sich heraus, daß etwa 85% der Luftkompressorzyklen weniger als eine Minute dauern. Für gewöhnlich sind die Belastungszyklen während des Motoranlassens nach einer längeren Ausschaltzeit am längsten, aber unter diesen Bedingungen ist der Motor kühl und das Kühlsystem kann somit den Luftkompressor 12 ausreichend kühl 25 halten. Problematisch sind die Kopftemperaturen während anderer Stillstands Vorgänge. Das heißt, die Kopftemperatur kann während eines betrieblichen Stillstands des Fahrzeuges ziemlich hoch sein, da das Kühlsystem von anderen Motorbestandteilen belastet wird. Ein Verhältnis zwischen der Kompressorkopftemperatur und anderen Motorbetriebsfaktoren wurde bestimmt. Insbesondere wurde ein Versuch unternommen, die Kompressorkopf(metall)temperatur des Kompressors 12 als Funktion der Ansaugkrümmertemperatur, der Kompressorleertemperatur, des Ladedrucks, des Vorluftbehälterdrucks und der Kühlmitteltemperatur zu charakterisieren. Wenn diese Variablen, die bereits der elektronischen 30 Steuereinheit des Motors zugeführt werden, so formuliert sind, daß sie eine Anzeige der Kompressorkopf(metall)temperatur liefern, kann eine Steuerung der Belastung und Entlastung des Luftkompressors 12 auf der Basis solcher Parameter erreicht werden.

35 Wie zuvor hierin festgestellt wurde, kann die Kopf(metall)temperatur des Kompressors 12 als Funktion des Ansaugkrümmertdrucks, der Kompressorleertemperatur, des Ladedrucks, des Vorluftbehälterdrucks und der Kühlmitteltemperatur charakterisiert werden.

Da es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, die Luftkompressorkopf(metall)temperaturen zu verringern und somit die gesamte Lebensdauer des Luftkompressors 12 zu erhöhen, können die obengenannten Parameter zur Bestimmung der optimalen Kompressorbetriebszyklusdauer aufgezeichnet werden. Zusätzlich wird durch die Verringerung der Luftkompressorkopf(metall)temperatur und die folglich kurzen Kompressorzyklen die Lufttrocknerleistung erhöht, was 40 zu der Verwendung von Trocknern geringeren Gewichtes oder zu einer Verlängerung der Lebensdauer des Trocknungsmittels gegenwärtiger Trockner führen kann.

Der Luftkompressor 12 kann bis zu etwa 4,4 bis 5,9 kW (6-8 PS) während des Bergabfahrtbetriebs des Fahrzeuges unter 45 Belastung absorbieren bzw. aufnehmen, wodurch das Bremsen des Fahrzeuges unterstützt wird. Natürlich ist es aus mehreren Gründen günstig, den Luftkompressor während Bergabfahrten im belasteten Modus zu betreiben. Während der Bergabfahrt ist Energie "frei". Das heißt, der Kraftstoffverbrauch ist nicht durch den belasteten Zustand des Luftkompressors 12 beeinflusst. Zweitens wird das Motordrehmoment vom Luftkompressor 12 gedämpft, was für das Bremsen des Motors von Nutzen ist. Dies ist besonders für Fahrzeuge vorteilhaft, die nicht mit Motor- bzw. Kompressionsbremsen 50 ausgestattet sind und somit nur von Betriebsbremsen zur Dämpfung des Drehmoments abhängen. Und drittens ist es durch den Betrieb des Luftkompressors 12 über seinem "normalen" Einschaltdruck und möglicherweise über seinem "normalen" Ausschaltdruck (wie in der Folge ausführlicher beschrieben wird) möglich, einen zusätzlichen Bremspuffer für den Fahrer zu schaffen. Dies ist besonders für einen Fahrer von Vorteil, der auf einer langen Gefällstrecke fährt, wo es häufig notwendig ist, die Bremsen periodisch zu pumpen, während der Luftdruck aus Angst überwacht wird, daß die Betriebsbremsen aufgrund einer Erschöpfung des Luftvorrats versagen könnten.

Zusätzlich ist es wichtig, daß das System einen plötzlichen Betrieb des Luftkompressors 12 minimiert, wenn sich das Fahrzeug im Leerlauf befindet, was zu Senkungen bzw. Schwankungen in der Motorleertaufgeschwindigkeit führen kann, die ihrerseits eine Instabilität bei einem geringfügig stabilen Regler hervorrufen können. Ferner wird mit dem vorliegenden System die Motorleistung während kurzfristiger, starkmotoriger Übergänge verbessert, da der Luftkompressor 60 während solcher starkmotoriger Übergänge im unbelasteten Zustand gehalten wird. Indem dafür gesorgt wird, daß der Kompressor nur dann belastet wird, wenn es absolut notwendig ist, oder wenn Energie "frei" ist, wird ein optimales Gleichgewicht zwischen Leistung und sparsamem Kraftstoffverbrauch erreicht.

Das besondere Steuersystem der vorliegenden Erfindung wird nun ausführlicher besprochen, wobei das Steuersystem insbesondere zur Erfüllung von fünf Hauptaufgaben konstruiert bzw. ausgelegt ist. Die erste ist die Verringerung des 65 Kraftstoffverbrauches, der zum Betreiben des Luftkompressors notwendig ist. Die zweite ist die Verringerung der Auswirkung des Luftkompressorbetriebs auf die Fahrzeugleistung, das heißt, des Ausmaßes und der Rate einer Drehmomentänderung, die an den Antriebsgetriebesatz des Fahrzeuges geleitet wird. Die dritte besteht darin, den Luftkompressor als Drehmomentdämpfer arbeiten zu lassen. Die vierte ist die Erhöhung der Lebensdauer des Luftkompressors durch

Regulierung der Luftkompressorzykluszeit, und die fünfte ist die Aufzeichnung von Parametern, wie des Luftkompressorarbeitszyklus, der Zyklusdauer, des Vorluftbehälterdrucks und von Betriebsbremsvorgängen, als Beitrag zur Diagnose von Leckstellen und ungewöhnlichen Bremsmustern.

Das Luftkompressor-Steuersystem gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet Daten, die im elektronischen Teilsystem des Motors vorhanden sind, wobei dieses Teilsystem entscheidet, wann es ökonomisch ist, den Luftkompressor zu betreiben. Das Teilsystem entscheidet des weiteren, wann es notwendig ist, die Drehmomentdämpfung zu erhöhen, und wann es notwendig ist, für ein höheres Drehmoment oder eine rasche Drehmomentänderung zu sorgen. Da diese Information für den Betrieb anderer Komponenten des Motors notwendig ist, ist diese Information eine globale Eigenschaft des Motorbetriebs und wird von der elektronischen Steuereinheit geliefert. Insbesondere entscheidet das Luftdrucksteuersystem, wann der Kompressor laufen muß, wann er nicht laufen darf und wann die Bedingungen derart sind, daß er entweder laufen oder nicht laufen kann. Die Entscheidung wird getroffen, um zu gewährleisten, daß die primäre Funktion des Luftkompressors nicht beeinträchtigt ist, wobei aber Entscheidungen derart getroffen werden, daß der Kraftstoffnutzungsgrad und der Motorbetrieb optimiert werden. Die letztgenannte Information ist eine lokale Eigenschaft des Luftkompressorbetriebs, ist aber auch für das globale elektronische Motorsteuersystem verfügbar.

Wie zuvor hierin festgehalten wurde, bestimmt das Luftkompressor-Steuerteilsystem, wann der Luftkompressor laufen muß, das heißt, sich im belasteten Zustand (dem Zustand R in der folgenden Tabelle) befinden muß, nicht laufen darf, das heißt, sich im unbelasteten Zustand (dem Zustand N in der folgenden Tabelle) befinden muß, oder wann die Motorbetriebsbedingungen indifferent sind, so daß sich der Luftkompressor im belasteten oder unbelasteten Zustand (dem Zustand O in der folgenden Tabelle) befinden kann. Der Luftkompressor muß im belasteten Zustand laufen, um seine Funktion zu erfüllen, dem Zustand R. Das heißt, wenn der Vorluftbehälterdruck unter einen vorbestimmten minimalen Schwellendruck fällt. Dieser minimale Schwellendruck kann im Bereich von 50 psi bis 150 psi liegen und liegt vorzugsweise im Bereich von 90 psi bis 120 psi. Es wird jedoch festgehalten, daß, sobald der Behälterdruck 110 psi erreicht, der Kompressorzustand nicht zu einem belasteten Zustand zurückkehrt, bis der Druck tatsächlich unter 90 psi fällt. Dieses 20 psi-Band (etwa 137,9 kPa-Band) sorgt dafür, daß Geräusch- bzw. Druckschwankungen in der Luftleitung keine unnötigen Pumpzyklen verursacht. Ein weiterer Luftkompressorzustand ist ein Zustand, in dem der Luftkompressor in einem unbelasteten Zustand, dem Zustand N, laufen muß. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn der Vorluftbehälterdruck höher oder gleich einem maximalen Schwellendruck ist. Dieser Druck liegt im Bereich von etwa 689 kPa bis etwa 1 MPa (100-150 psi) und beträgt vorzugsweise etwa 930,8 kPa (135 psi). Dies garantiert, daß der Luftdruck die Sicherheitsgrenzen des Reservoirs nicht überschreitet.

Wenn sich der Kompressor in keinem der obengenannten Zustände befindet, befindet er sich in einem Zustand, in dem es möglich ist, den Luftkompressor in einem belasteten Modus laufen zu lassen, falls notwendig, und in dem es möglich ist, den Luftkompressor nicht in einem belasteten Modus laufen zu lassen, falls notwendig, dem Zustand O. Dies ist der Fall, wenn der Luftdruck in dem Reservoir zwischen dem minimalen Schwellendruck und dem maximalen Schwellendruck, das heißt, zwischen 50 psi und 150 psi und insbesondere zwischen 90 psi und 120 psi liegt.

Wie zuvor hierin festgehalten wurde, bestimmen die Motorbetriebszustände, ob der Luftkompressor in einem belasteten Zustand während des Luftkompressorzustandes, in dem es indifferent ist, ob der Luftkompressor betrieben wird oder nicht, laufen gelassen wird. Insbesondere kann ein solcher Motorbetriebszustand ein Motorzustand sein, in dem es ökonomisch ist, den Luftkompressor zu betreiben, wie ein Motorantriebszustand (Zustand E), während ein anderer Zustand Situationen kennzeichnet, in welchen es tatsächlich günstig ist, möglichst viel des Drehmoments von dem Motor zu dämpfen, z. B., wenn sich das Fahrzeug eine lange Gefällstrecke abwärts bewegt und der Fahrer die Bremsen betätigen muß, um die Fahrzeuggeschwindigkeit unter Kontrolle zu halten (Zustand A). Der Zustand E, auf den zuvor Bezug genommen wurde, ist eine Untereinheit von Zustand A und ist in einem solchen Zustand A enthalten. Wenn daher Zustand A zutrifft, trifft ebenso Zustand E zu. Ein weiterer Betriebszustand ist ein Zustand D, der ein Zustand des Motors ist, wenn sich dieser weder in Zustand E noch Zustand A befindet. Oder anders gesagt, wenn er sich nicht in Zustand A befindet, in dem Zustand A Zustand E beinhaltet. Ein besonderer Zustand, in dem der Zustand D eindeutig zutrifft, ist während starkmotoriger Übergänge bzw. leistungsstarker Schaltvorgänge. Die folgende Tabelle zeigt besser, wann der Kompressor im belasteten und unbelasteten Zustand bei verschiedenen Motorzuständen betrieben wird.

TABELLE

KOMPRESSOR- ZUSTAND	MOTORZUSTAND		
	E	A	D
R	belastet	belastet	belastet
N	unbelastet	unbelastet	unbelastet
O	belastet	belastet	unbelastet

Daher zeigt diese Tabelle deutlich, daß der Kompressor im belasteten Zustand, Zustand R, laufen muß, wenn der Reservoirdruck unter einen vorbestimmten, minimalen Schwellendruck fällt, während der Kompressor nicht im belasteten Zustand laufen darf, wenn der Druck im Reservoir höher als ein vorbestimmter, maximaler Schwellendruck ist. Zustand N, zur Maximierung der Motorleistung ist es jedoch entscheidend bzw. kritisch, die Belastung und Entlastung des Luftkompressors vorschlagsgemäß insbesondere ausschließlich nur in der Zeit zu steuern, wenn der Luftdruck in dem Reservoir höher als der minimale Schwellendruck und geringer als der maximale Schwellendruck ist, im Zustand O. Wenn sich der Kompressor im "O"-Zustand befindet und sich der Kompressor in einem unbelasteten Betriebsmodus befindet,

wird daher der Luftkompressor in diesem Zustand über eine vorbestimmte Sperrzeit bzw. Zeitperiode, vorzugsweise in der Größenordnung von 10 bis 20 Sekunden und vorzugsweise 15 Sekunden, selbst im Falle einer eigentlich vorgesehenen Änderung des Betriebszustandes von unbelastet zu belastet gehalten. Dies ist vorzugsweise jedoch nur dann der Fall, wenn der Luftdruck währenddessen über dem minimalen Schwellendruck liegt. Danach nimmt der Luftkompressor den Zustand ein, der durch die obengenannte Entscheidungsmatrix bestimmt wird. Diese Maßnahme verhindert einen raschen zyklischen Wechsel des Kompressors, falls der Motorzustand sich rasch ändert, d. h., zwischen E und D, was in einer hügeligen Region der Fall sein kann. Da es eine primäre Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, die Lebensdauer des Kompressors zu verlängern, beschränkt ferner das System die Zeit, in welcher der Luftkompressor im belasteten Modus läuft, wenn der Kompressorzustand "O" ist. Der Kompressor wird aufgrund des berechneten Wertes der Kompressorkopf(metal)temperatur entlastet, was in der Folge ausführlicher besprochen wird. In dieser Hinsicht wird der Luftkompressor entlastet, sobald die Kopf(metal)temperatur einen kalibrierten Schwellenwert übersteigt und der Kompressor im "O"-Zustand betrieben wird. Das heißt, wenn der Kompressorzustand "O" ist und die Entscheidungsmatrix anzeigt, daß sich der Kompressor in einem belasteten Zustand befinden sollte, läuft der Luftkompressor im belasteten Modus, bis die Kopf(metal)temperatur einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt. Danach läuft der Luftkompressor über eine vorbestimmte Zeitperiode beispielsweise in der Größenordnung von 20 bis 40 Sekunden und vorzugsweise 30 Sekunden, im unbelasteten Modus. Am Ende dieser vorbestimmten Zeitperiode läuft der Luftkompressor, wie durch die Entscheidungsmatrix bestimmt wird, die "Abkühlperiode" trägt dazu bei, die Betriebstemperaturen des Luftkompressors zu senken, und verlängert folglich die Lebensdauer des Kompressors. Es sollte auch festgehalten werden, daß die Abkühlperiode erst einsetzt, wenn sich der Kompressor im "O"-Zustand befindet. Somit erfährt der Fahrer keine Aufpumpverzögerungen, wenn das Fahrzeug das erste Mal nach einer längeren Ausschaltzeit gestartet wird, da der Kompressorzustand sich in einem Modus befindet, in dem der Reservoirdruck geringer als der vorbestimmte minimale Schwellenwert ist.

Das oben angeführte, automatische Steuersystem für einen Luftkompressor zur Verwendung in einem Verbrennungsmotor gemäß der vorliegenden Erfindung wurde auf mehreren verschiedenen Streckenformen getestet. Die Ergebnisse einer dieser Strecken sind in Fig. 2 dargestellt.

Eine anfängliche Teststrecke wurde als "alltägliche" Strecke betrachtet. Diese Strecke war eine gemischte Strecke, wobei das Fahrzeug im Stadtverkehr, teilweise bei mittlerer Geschwindigkeit und teilweise in hügeligen Gelände fuhr. Die Rundfahrt dauerte etwa zwei Stunden. Die zweite Strecke sollte eine längere Version der anfänglichen Strecke sein. Diese Strecke beinhaltete das Fahren über eine längere Zeitperiode auf Bundesautobahnen wie auch den Stadtverkehr. Auf dieser Strecke war eine Fahrt in langsamer Fahrweise mit häufigem Anhalten, die Bewältigung normaler Gefälle, Strecken und das Fahren auf Autobahnen vorgesehen. Die Rundfahrt dauerte etwa vier Stunden. Auf einer weiteren Strecke war eine Fahrt mit einer großen Anzahl von Situationen, die durch langsame Fahrweise und häufiges Anhalten gekennzeichnet waren, vorgesehen, die etwa drei Stunden dauert, und schließlich wurde eine Tagesfahrt, die etwa acht Stunden dauerte, auf einer Autobahn zurückgelegt. Diese Strecke sollte das normale Fahrgelände eines Fahrzeuges für Ferntransporte der Klasse 8 auf einem Autobahnnetz nachahmen.

Diese Strecken wurden so festgelegt, daß sie die Gelegenheit boten, die Prototypleistung unter verschiedenen Fahrbedingungen zu bewerten. Neben der Testung des Konzepts auf diesen Strecken wurde der Prototyp in einem Fernschwerlastfahrzeug verwendet, das von Indiana nach Utah fuhr.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, ist der Kraftstoffverbrauch während des automatischen Modus des Luftkompressorbetriebs 45% geringer als während des manuellen Betriebsmodus. Dies wurde trotz der Tatsache erreicht, daß der Luftkompressor im automatischen Modus mehr läuft, wie aus Fig. 2 erkennbar ist. Das heißt, der erste Balkensatz von Fig. 2 zeigt, daß die Einschaltzeit des Kompressors im automatischen Modus 6,2% beträgt, im Vergleich zu 4,31% im manuellen Modus. Im automatischen Modus jedoch wurden 4,08% der Zeit ausgeführt, während dem Motor kein Kraftstoff zugeführt wurde, im Vergleich zu 0,44% im manuellen Modus. Jedoch beträgt die Einschaltzeit des Kompressors während einer Kraftstoffzufuhr im automatischen Modus 2,13% im Vergleich zu 3,87% im manuellen Modus. Dies führt eindeutig zu einer wesentlichen Verringerung des Kraftstoffverbrauchs durch den Luftkompressor.

Zusätzlich zu dem Vorhergesagten kann eine Analyse von Daten, wie des Arbeitszyklus des Kompressors, der Zykluslänge, der gesamten Kompressorpumpebetriebszeit und der Reservoirdruckänderungsraten, wobei alle diese Parameter sofort von der Motorsteuereinheit bereitgestellt werden können, eine wertvolle Information in Bezug auf die Wartungsdiagnostik zu Garantiezwecken liefern. Durch Aufzeichnung des Arbeitszyklus des Luftkompressors können ungewöhnliche Aktivitäten, die ein Ausretren von Luft in dem Druckluftsystem anzeigen, identifiziert werden. Leckstellen in dem Luftsysteem von Fahrzeugen können bewirken, daß der Luftkompressor häufiger als notwendig und über längere Zeiträume läuft. Dies verringert den sparsamen Kraftstoffverbrauch und erhöht den gesamten Energieverbrauch des Luftkompressors, wodurch der Betrieb des Fahrzeuges kostspieliger wird.

Zusätzlich zu der Wartungsdiagnostik können die Betriebseigenschaften des Fahrzeuges aus diesen Daten bewertet werden, was ebenso für Garantiezwecke nützlich sein kann. Durch die Aufzeichnung der obengenannten Parameter kann das Bremsverhalten des Fahrers bewertet werden. Da schadhafte Bremsen der häufigste Grund für die Außerbetriebsetzung eines Fahrzeuges durch das Department of Transportation (Verkehrsamt) ist und die Reparatur von Bremsen sehr teuer ist, ist es für einen Wagenparkbetreiber günstig, über ein Mittel zur Bewertung der Fahrprofile seiner Fahrer zu verfügen. Ferner werden Fahrer, denen bewußt ist, daß ihr Wagenparkbetreiber über ein derartiges Mittel zur Bewertung ihres Fahrverhaltens verfügt, das Fahrzeug wahrscheinlich seltener falsch behandeln.

Daher wird durch die Steuerung des Betriebs des Luftkompressors in der zuvor beschriebenen Weise ein Luftkompressorbetrieb, der den zum Betreiben des Luftkompressors verwendeten Kraftstoff verringert, eine Verringerung in der Auswirkung des Luftkompressors auf die Fahrzeugleistung, die Verwendung des Luftkompressors als Dreimomentklämpfer und eine Verlängerung der Lebensdauer des Luftkompressors durch Regulierung der Kompressorzykluszeit und Minimierung der Kopf(metal)temperaturen des Kompressors erreicht. Das heißt, indem der Kompressor auf die zuvor beschriebene Weise nur dann betrieben wird, wenn dies absolut notwendig ist oder wenn Energie "frei" ist, wird ein Betrieb eines Luftkompressors erreicht, der für die Gesamtleistung des Motors günstig ist und auch die Lebensdauer des Kompressors verlängert. Ferner werden die Wartungsdiagnostik und Fahrerkontrolle deutlich durch die Beurteilung von Da-

ten verbessert, die bereits dem System zur Verfügung stehen, wie des Arbeitszyklus, der Zykluslänge, der Gesamtpumpdauer und der Reservoirdruckänderungsraten.

Insbesondere werden ein System und ein Verfahren zur Luftkompressorsteuerung, vorgeschlagen, wobei der Luftkompressor nur belastet wird, wenn die Motoraktivitäten seine Belastung verlangen, oder wenn freie Motorleistung zum Betreiben des Kompressors verfügbar ist. Ein Luftkompressorsystem ist ein motorbetriebener, kolbenartiger Kompressor, der in einem belasteten und einem unbelasteten Modus arbeitet und luftbetriebene Vorrichtungen eines Fahrzeuges, wie Betriebsbremsen, Luftfederung, Scheibenwischer usw., mit Luft versorgt. Der Betriebsmodus des Kompressors wird durch einen druckaktivierten Luftregler gesteuert, der ein Luftsignal anlegt, wenn Druck in einem Reservoir einen festgelegten Wert erreicht, der ein Kappenventil an einer Entlastungsvorrichtung aktiviert, wodurch der Luftkompressor angehalten wird. Wenn der Luftdruck in dem Reservoir unter einen unteren festgelegten Druck fällt, oder wenn Energie "frei" ist, wie während Bergabfahrten, bläst der Luftregler das Luftsignal aus, so daß der Luftkompressor den Betrieb wieder aufnehmen kann. Wenn sich das Reservoir bei einem Druck zwischen den beiden festgelegten Drücken und in einem unbelasteten Zustand befindet, wird es zusätzlich in diesem Zustand über eine festgelegte Zeitperiode gehalten, um einen raschen zyklischen Wechsel des Luftkompressors zu vermeiden. Wenn sich des weiteren das Reservoir bei einem Druck zwischen den beiden festgelegten Drücken und in einem belasteten Zustand befindet, wird der Luftkompressor nach einem festgelegten Zeitintervall entlastet, das auf einer Kompressorkopfmetalltemperatur beruht, um Schwellentemperaturen des Kompressorkopfmetalls in einem geeigneten Bereich zu halten. Zusätzlich wird der Kompressorkopf bewertet, so daß der Luftkompressor, sobald die Kompressorkopfmetalltemperatur eine vorbestimmte Schwellenmetalltemperatur übersteigt, in einen unbelasteten Zustand gebracht wird, bis die Kompressorkopfmetalltemperatur unter die vorbestimmte Schwellenmetalltemperatur fällt. Das System kann ferner Daten aufzeichnen, welche den Kompressorbetrieb anzeigen, um Leckstellen in dem Luftsystem und Fahrzeuglenkereigenschaften zu erfassen.

Es werden ein System und ein Verfahren zur Steuerung eines Luftkompressors eines Fahrzeuges vorgeschlagen. Ein Reservoir bzw. Druckluftbehälter ist an den Luftkompressor angeschlossen, und der Luftdruck im Reservoir wird erfaßt. Sofern der Luftdruck unterhalb eines maximalen Schwellendrucks und oberhalb eines minimalen Schwellendrucks liegt, wird der Luftkompressor eingeschaltet bzw. aktiviert, d. h. mit dem Reservoir zum Pumpen gegen den Luftdruck verbunden, wenn überschüssige Antriebsenergie vorhanden ist, beispielsweise bei Bergabfahrten, wobei eine Sperrzeit nach einem Ausschalten bzw. Deaktivieren des Luftkompressors ein vorschnelles Wiedereinschalten verhindert und insbesondere wobei der Luftkompressor bei Erreichen bzw. Überschreiten einer zulässigen Kopfmetalltemperatur abgeschaltet wird.

Die vorliegende Erfindung wurde zwar mit Bezugnahme auf ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel beschrieben, aber für den Fachmann ist offensichtlich, daß die Erfindung auf andere Weise als insbesondere hierin beschrieben, ausgeführt werden kann, ohne vom Umfang und Wesen der vorliegenden Erfindung Abstand zu nehmen. Es ist daher offensichtlich, daß der Umfang und das Wesen der Erfindung nur durch die beiliegenden Ansprüche begrenzt ist.

#### Patentansprüche

1. Luftkompressor-Steuersystem zum Steuern eines vorzugsweise eingebauten Luftkompressors (12) eines Fahrzeuges, wobei das Steuersystem aufweist:  
einen Luftkompressor (12) zum Liefern von Druckluft an luftbetriebene Vorrichtungen des Fahrzeuges;  
ein Erfassungsmittel zum Erfassen des Druckes eines vorzugsweise mit dem Luftkompressor (12) in Verbindung stehenden Reservoirs (16), das Druckluft enthält, und zum Erzeugen eines Signals, welches den Druck anzeigt; und  
ein Steuermittel zum Aktivieren des Luftkompressors (12), wenn das Signal unter einen ersten vorbestimmten Schwellenwert fällt, der einem ersten vorbestimmten Schwellendruck entspricht, und/oder wenn Energie zum Betreiben des Luftkompressors (12) zur Verfügung steht, und zum Deaktivieren des Luftkompressors (12), wenn das Signal einen zweiten, vorbestimmten Schwellenwert erreicht, der einem zweiten vorbestimmten Schwellendruck entspricht.
2. Luftkompressor-Steuersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste und zweite vorbestimmte Schwellendruck in einem Bereich von 344 kPa und 1,1 MPa liegen.
3. Luftkompressor-Steuersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste und zweite vorbestimmte Schwellendruck in einem Bereich von 620 kPa bis 828 kPa liegen.
4. Luftkompressor-Steuersystem nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuermittel den Luftkompressor (12) nach einer vorbestimmten maximalen Belastungszeit deaktiviert, die einer vorbestimmten Kompressorkopfmetalltemperatur bzw. -metalltemperatur entspricht, um eine übermäßige Erwärmung des Kompressorkopfmetalls zu verhindern.
5. Luftkompressor-Steuersystem nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuermittel einen bestimmten Modus des Luftkompressors (12) über eine vorbestimmte Zeitperiode aufrechterhält, wenn der Luftkompressor (12) zwischen den vorbestimmten Drücken arbeitet, um einen übermäßigen zyklischen Wechsel des Luftkompressors (12) zu vermeiden.
6. Luftkompressor-Steuersystem nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuermittel den Luftkompressor (12) aktiviert, wenn das Fahrzeug bergab fährt.
7. Luftkompressor-Steuersystem nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuersystem ein Mittel zur Aufzeichnung von Daten in bezug auf die Betriebseigenschaften des Luftkompressors (12) aufweist.
8. Luftkompressor-Steuersystem nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuersystem ein Temperaturfassungsmittel zum Erfassen einer Kompressorkopfmetalltemperatur und zum Erzeugen eines Signals, welches die Kompressorkopfmetalltemperatur anzeigt, aufweist.
9. Luftkompressor-Steuersystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuermittel den Luftkompressor (12) deaktiviert, wenn das Temperaturfassungsmittel ein Signal erzeugt, das anzeigt, daß die Kompressorkopfmetalltemperatur über einer vorbestimmten Schwellenmetalltemperatur liegt.

10. Verfahren zum Steuern eines Luftkompressors, umfassend:

Erfassen eines Druckes eines Reservoirs, das Druckluft enthält, die von einem Luftkompressor zugeführt wird;  
Erzeugen eines Signals, das den Druck anzeigt, und Übertragen des Signals zu einem Steuermittel zur Steuerung des Luftkompressors;

5 Aktivieren des Luftkompressors, wenn das Signal unter einen ersten vorbestimmten Wert fällt, der einem ersten vorbestimmten Schwellendruck entspricht, und/oder wenn Energie verfügbar ist; und  
Deaktivieren des Luftkompressors, wenn das Signal einen zweiten vorbestimmten Wert erreicht, der einem zweiten vorbestimmten Schwellendruck entspricht.

10 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der erste und zweite vorbestimmte Schwellendruck in einem Bereich von 344 kPa bis 1,1 MPa liegen.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der erste und zweite vorbestimmte Schwellendruck in einem Bereich von 620 kPa bis 828 kPa liegen.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren ferner umfaßt den Schritt des Deaktivierens des Luftkompressors nach einer vorbestimmten, maximalen Belastungszeit, die einer vorbestimmten Kompressorkopf-temperatur bzw. -metalltemperatur entspricht, um eine übermäßige Erwärmung des Kompressorkopfes bzw. Kompressorkopfinetalls zu verhindern.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren ferner umfaßt den Schritt der Aufrechterhaltung eines bestimmten Modus des Luftkompressors über eine vorbestimmte Zeitperiode, wenn der Luftkompressor zwischen den vorbestimmten Drücken arbeitet, um einen übermäßigen zyklischen Wechsel des Luftkompressors zu vermeiden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren ferner umfaßt den Schritt des Aktivierens des Luftkompressors, wenn das Fahrzeug bergab fährt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren des weiteren umfaßt den Schritt des Aufzeichnens von Daten in bezug auf die Betriebseigenschaften des Luftkompressors.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß des weiteren umfassend den Schritt des Erfassens einer Kompressorkopf-temperatur und des Deaktivierens des Luftkompressors, wenn eine Kompressorkopf-temperatur über einer vorbestimmten Schwellentemperatur erfaßt wird.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---



FIG. 1

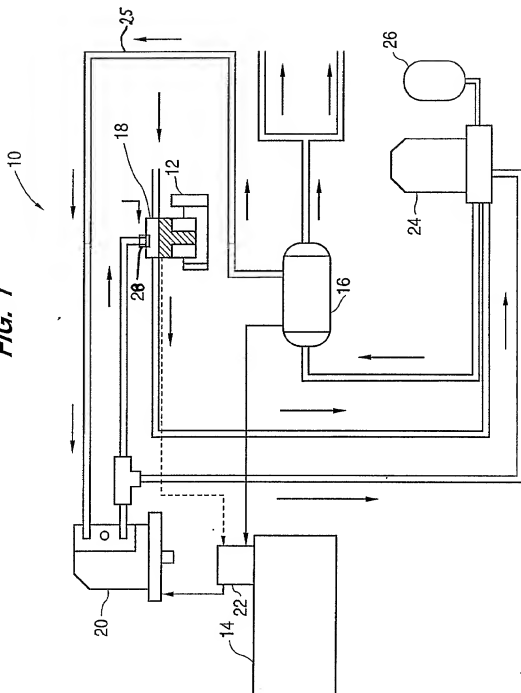


FIG. 2

